

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

(подпись) А.Л.Толстик
15.01.2015_ (И.О.Фамилия)
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 1723/баз.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальностей:**

1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий

СОСТАВИТЕЛЬ:

О.Г.Романов — заведующий кафедрой компьютерного моделирования Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Г.А. Пицевич — доцент кафедры физической оптики, кандидат физико-математических наук, доцент;

А.В. Никитин — заведующий кафедрой теоретической физики Гродненского государственного университета, кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой компьютерного моделирования физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 17 от 16 июня 2014 г.)

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета
(протокол № 6 от 20 июня 2014 г.)

Ответственный за редакцию: О.Г.Романов.

Ответственный за выпуск: О.Г.Романов.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа спецкурса "Компьютерное моделирование физических процессов" разработана для специальности 1-31 04 01 Физика по направлению 1-31 04 01-01 научно-исследовательская деятельность.

Основу содержания составляет изучение методов построения математических моделей физических явлений, их качественного анализа, разработки алгоритмов решения уравнений, составляющих сущность модели явления, принципов проведения компьютерного эксперимента и анализа его результатов.

Целью спецкурса является усвоение студентами методов математического моделирования в применении к описанию физических явлений. Данный курс тесно связан со специальными курсами «Численные методы», в котором рассматриваются алгоритмы решения различных математических задач; «Обработка статистических данных», в рамках которого изучаются методы статистической обработки больших массивов числовой информации, «Методы Монте-Карло».

Особенностями данного специального курса являются:

- данный курс является центральным курсом специализации «Компьютерное моделирование физических процессов», поэтому он тесно связан с предшествующими специальными курсами;
- тесная связь с большинством разделов курсов общей и теоретической физики, которые служат источниками примеров построения моделей и обобщения математического аппарата в применении к принципиально различным физическим явлениям;

- Данный курс является основой для усвоения последующего курса «Интегрированный курс моделирования».

Основные задачи курса:

- формирование целостного представления об общих принципах математического моделирования;
- усвоение методов качественного анализа, математических моделей;
- формирования навыков проведения компьютерного эксперимента в рамках детерминированных моделей различного типа.

Для осознанного усвоения материала данного курса студенты должны владеть соответствующим математическим аппаратом, основное содержание которого излагается в общих курсах высшей математики (математического анализа, аналитической геометрии и высшей алгебры, дифференциальных уравнений, уравнений математической физики); знать основные физические законы и теории, излагаемые в курсах общей и теоретической физики.

Программа курса составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов – 136; аудиторное количество часов — 68, из них: лекции — 30; лабораторные работы – 28; контролируемая самостоятельная работа студентов — 6. Форма отчётности — защита курсовой работы, экзамен.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Практи- ческие занятия	Семина- ры	Лабора- торные занятия	Контрол- ируе- мая самостоя- тельная работа	Всего
1.	Основные этапы построения и анализа модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений.	6			6		12
2.	Движение в центральном поле.	4				6	10
3.	Переход к равновесному состоянию в системах с дискретным числом степеней свободы.	4			6		10
4.	Колебательные системы.	10			6		16
5	Модели оптических систем.	4			6		10
6	Дискретное и непрерывное описание различных систем.	2			4		6
	Итого	30			28	6	64

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Основные этапы построения и анализа модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений.

Постановка задачи. Выбор переменных, описывающих исследуемое явление, поиск физических законов и уравнений, формулировка дополнительных условий (начальных и граничных), определение диапазонов изменения параметров модели.

Установление существования и единственности решения системы уравнений. Качественный анализ решения системы: уменьшение числа независимых параметров, метод размерностей, асимптотическое поведение, предельные и частные случаи, допускающие аналитическое решение.

Зависимость поведения системы от параметров, существование и характер особых точек. Точки бифуркаций. Сепаратрисса.

2. Движение в центральном поле.

Задача двух тел – аналитическое движение. Движение в кулоновском поле. Использование законов сохранения для анализа поведения системы.

Задача трех тел, частные случаи: возмущения в движениях планет Солнечной системы, возмущения в движении Луны, планета в поле двойной звезды.

3. Переход к равновесному состоянию в системах с дискретным числом степеней свободы.

Уравнения релаксации, характерные времена релаксации, стационарные состояния и их устойчивость, нелинейная релаксация.

Критические режимы в релаксационных процессах.

Потеря устойчивости.

4. Колебательные системы.

Колебательные системы с одной степенью свободы: приближение малых колебаний, свободные и затухающие колебания, вынужденные колебания, резонанс, спектр затухающих колебаний.

Нелинейные колебания: зависимость периода колебаний от амплитуды, появление гармоник, спектр свободных и затухающих колебаний.

Вынужденные колебания, эффекты нелинейности: удвоение частот, появление комбинационных частот, нелинейные резонансы.

Колебательные системы с несколькими степенями свободы. Приближение малых колебаний: нормальные координаты и моды колебаний – аналитическое решение. Колебательные системы с несколькими степенями свободы, эффекты нелинейности: возникновение комбинационных частот, взаимодействие мод.

Автоколебательные системы. Системы с отрицательным трением.

Параметрические колебания и параметрический резонанс. Уравнение Матье и его анализ.

5. Модели оптических систем.

Центрированные оптические системы и их матричное описание.

Аберрации оптических систем.

Распространение света в оптически неоднородной среде.

6. Дискретное и непрерывное описание различных систем.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Примерный перечень лабораторных работ.

1. Основные этапы построения и анализа модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Анализ поведения системы в зависимости от параметров. Бифуркации.
3. Уравнения релаксации, переход к состоянию термодинамического равновесия.
4. Центрированные оптические системы. Аберрации оптических систем.
5. Дискретные модели с большим числом степеней свободы – переход к непрерывному описанию.

Примерная тематика курсовых работ.

Темы курсовых работ представляют собой задачи построения математических моделей физических явлений (в том числе, изучаемых в курсе общей физики), их компьютерной реализации, анализа результатов компьютерного эксперимента, методики использования в преподавании курса физики средней школы.

Рекомендуемые формы контроля знаний.

1. Отчеты по лабораторным работам.
2. Обсуждение моделей физических явлений, построенных в ходе контролируемой самостоятельной работы студентов.
3. Защита курсовой работы.
4. Экзамен.

Рекомендуемые формы контролируемой самостоятельной работы студентов.

1. Самостоятельная разработка моделей физических явлений, изучаемых в курсе физики средней школы.
2. Анализ приближений при описании физических явлений, изучаемых в курсе физики средней школы.

Рекомендуемая литература.

Основная

1. Г. Гулд, Д.Тоболчник Компьютерное моделирование в физике. М.: Мир. 1990г.
2. Л. Ландау, Э. Лившиц Механика.
3. Попов Ю. П., Самарский А.А. Вычислительный эксперимент. М. Знание, 1983.
4. А.А. Самарский, А.П. Михайлов. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. - М., Наука. 2002 г.
5. Компьютеры и нелинейные явления . п\р А. А.Самарский, М, Наука., 1988.

6. В. И. Арнольд. Теория катастроф. М.: Наука, 1990, 128 с.
7. Никитин А.В. Слободянюк А.И. Шишаков В.В. Компьютерное моделирование в физике. М. «Бином. Лаборатория знаний», 2011 г.

Дополнительная.

1. Коробейников В. П.. Математическое моделирование катастрофических явлений. М. Знание, 1986
2. Д. Эрроусмит, К. Плейс. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория с приложениями Пер. с англ. под ред. Н.Х.Розова М.: Мир, 1986, 240 с.
3. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: Учеб. для вузов М.: Высш. шк., 2001. — 343 с.
4. Веников В. А., Веников Г. В. Теория подобия и моделирования. — М.: Высшая школа, 1984.